

ANALISIS KEGAGALAN DESAIN *RETAINING WALL* PADA TANAH DENGAN KEPADATAN LEPAS LUNAK SAMPAI SEDANG

Ericsson¹ dan Chaidir Anwar Makarim²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: lo.ericsson97@gmail.com

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: chaidir259@gmail.com

ABSTRAK

Proses perkembangan infrastruktur di Indonesia berkembang dengan pesat. Salah satu permasalahan yang ada adalah terbatasnya ketersediaan lahan sehingga basement menjadi solusi yang banyak dipilih. Dalam proses perencanaan *basement* hal yang harus diperhatikan seperti metode konstruksi galian dan interaksi tanah terhadap struktur. Permasalahan konstruksi galian tanah dengan struktur pendukungnya merupakan suatu permasalahan yang kompleks, seperti pada kasus kegagalan konstruksi *basement* yang masih hangat diperbincangkan di Indonesia. Kegagalan yang cukup masif ini diduga disebabkan karena kesalahan desain dan kondisi tanah setempat. Penyelesaian masalah interaksi tanah dengan struktur seringkali dilakukan penyerdehanaan sifat-sifat tanah namun akibatnya solusi yang didapatkan terbatas pada kondisi-kondisi tertentu saja, atau respon yang didapatkan berbeda jauh dengan respon yang terjadi sebenarnya. Penelitian ini akan menganalisa penyebab runtuhnya konstruksi *secant pile* galian *basement* dengan simulasi menggunakan program *Geostudio Sigma/W* secara mendetail berdasarkan kondisi aktual di lapangan.

Kata kunci: dinding penahan tanah, angkur, kegagalan, galian

1. PENDAHULUAN

Latar belakang

Perkembangan infrastruktur terutama bangunan bertingkat di Indonesia saat ini berkembang pesat. Terbatasnya lahan seringkali menjadi suatu kendala, maka efisiensi yang dapat dilakukan adalah dengan membuat ruang bawah tanah (*basement*) untuk tempat parkir ataupun digunakan untuk fungsi lainnya.

Dalam proses perencanaan *basement*, hal yang harus diperhatikan adalah permasalahan metode konstruksi galian tanah dan interaksi tanah terhadap struktur. Masalah pekerjaan galian harus menjadi perhatian khusus terutama bila dilakukan di lokasi yang padat penduduk sehingga resiko galian menjadi sangat besar. Resiko galian menjadi lebih kritis jika kondisi tanah merupakan tanah lunak. Galian *basement* dapat dilakukan dengan beberapa metode tergantung jenis tanah, geometri galian, dan kondisi lapangan dalam arti luas adalah area yang tersedia dan bangunan disekitarnya. Salah satu metode akurat adalah dengan menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Method*). Metode ini memungkinkan pemodelan dalam bentuk dan geometri tanah dengan kondisi yang lebih kompleks.

Permasalahan interaksi tanah dengan struktur merupakan suatu permasalahan yang kompleks, hal ini diakibatkan karena sifat-sifat tanah yang beragam. Akibatnya perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk mencegah kegagalan. Untuk dapat menyelesaikan masalah interaksi tanah dengan struktur maka beberapa penyerdehanaan sifat-sifat tanah dilakukan banyak orang. Namun akibatnya solusi yang didapatkan terbatas pada kondisi-kondisi tertentu saja, atau respon yang didapatkan berbeda jauh dengan respon yang terjadi sebenarnya.

Pada bahasan kali ini, objek yang dijadikan bahan penelitian adalah dinding penahan tanah pada suatu proyek galian *basement* di Indonesia. Pada proyek ini kegagalan yang terjadi di akibatkan kesalahan dalam mendesain struktur dinding penahan tanah sehingga menyebabkan longsor pada area di sekitar proyek termasuk dengan infrastruktur umum.

Batasan masalah

Adapun batasan-batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini untuk menangani kelongsoran yang terjadi adalah :

1. Lokasi yang dianalisis adalah galian *basement* pada proyek di Indonesia
2. Material tanah pada proyek sesuai dengan data tanah pada lampiran
3. Spesifikasi dinding penahan tanah menggunakan *Secant Pile*
4. Hasil yang diamati sebagai *output* dari program *Geostudio Sigma/W* ialah *displacement*, kekuatan geser, dan kekuatan momen.
5. Perkuatan dinding penahan tanah menggunakan *temporary ground anchor* dengan *casing*.

Rumusan masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini:

1. Berapa besar *displacement* yang terjadi pada dinding penahan tanah konstruksi *basement* di Indonesia ?
2. Berapa besar kekuatan momen yang terjadi pada dinding penahan tanah konstruksi *basement* di Indonesia ?

Tujuan penelitian

Beberapa tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui besar *displacement* yang mengakibatkan terjadinya kegagalan konstruksi *basement* di Indonesia
2. Mengetahui besar kekuatan momen yang terjadi pada dinding penahan tanah konstruksi *basement* di Indonesia

Retaining Wall

Menurut Hugh Brooks (2013) *retaining wall* merupakan sebuah keharusan untuk pembangunan sebuah gedung bertingkat tinggi dengan jumlah *basement* lebih dari dua lapis. Munculnya galian tanah *basement* akan membuat perubahan struktur tanah disekitarnya. Resiko yang paling awal adalah runtuhnya tanah di sekitar lokasi galian, sehingga akan ada pergerakan gedung disekitarnya. Resiko dari pergerakan gedung dapat menyebabkan terjadinya retakan tanah disekitar gedung. Selanjutnya akan diikuti dengan miringnya gedung tersebut.

Kejadian seperti ini tentulah tidak dikehendaki. Untuk mengantisipasi faktor tersebut dan demi kelancaran pekerjaan pembangunan, maka dibuatlah dinding penahan tanah atau *retaining wall*. Dalam kasus analisa galian ini, digunakan *retaining wall* beruntun atau biasa disebut *secant piles* sebagai dinding penahan tanah galian.

Secant piles adalah pembuatan tiang bor yang dikonstruksi secara rapat sehingga membentuk seperti dinding kedap air. Material *secant piles* menggunakan tiang beton bertulang dan tiang dari semen bentonit. *Secant piles* adalah *bore pile* yang dibuat/proses pengeborannya diberi jarak sesuai dengan *shop drawing*. Untuk menambah tahanan terhadap tarik, maka diberi tulangan pada *bore pile*.

Pekerjaan *secant piles* dilakukan setelah pelaksanaan galian tanah untuk *capping beam*. *Dewatering* juga dikerjakan dengan sejalannya pekerjaan *secant piles* untuk mencegah rembesan, memperbaiki kestabilan tanah, mencegah pengembangan tanah, memperbaiki karakteristik tanah dan kompaksi tanah terutama dasar, pengeringan lubang galian, mengurangi tekanan lateral.

Program *Geostudio Sigma/W*

Geostudio sigma/W merupakan suatu program yang didasarkan pada metode *finite element*. Fungsi dari program ini adalah untuk menghitung *displacement*, kekuatan dan lainnya berdasarkan kondisi pelapisan material. Dalam program *geostudio* ini, secara otomatis menentukan titik pusat momen dengan mencari titik minimum. Kemudian dimodelkan juga dinding penahan tanah dan di analisis apa yang menyebabkan terjadinya kegagalan. Selanjutnya akan ditentukan apakah dinding penahan tanah yang dipakai sudah cocok atau tidaknya terhadap kondisi tanah yang ada.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode pengumpulan data

Metode yang digunakan untuk pengumpulan data penelitian ini adalah teknik dokumentasi yaitu pengumpulan data dari proyek. Pada penelitian ini, data tanah yang dianalisis berlokasi pada daerah Jawa Timur, Indonesia. Data tanah berupa *boring log* sedalam 50 meter.

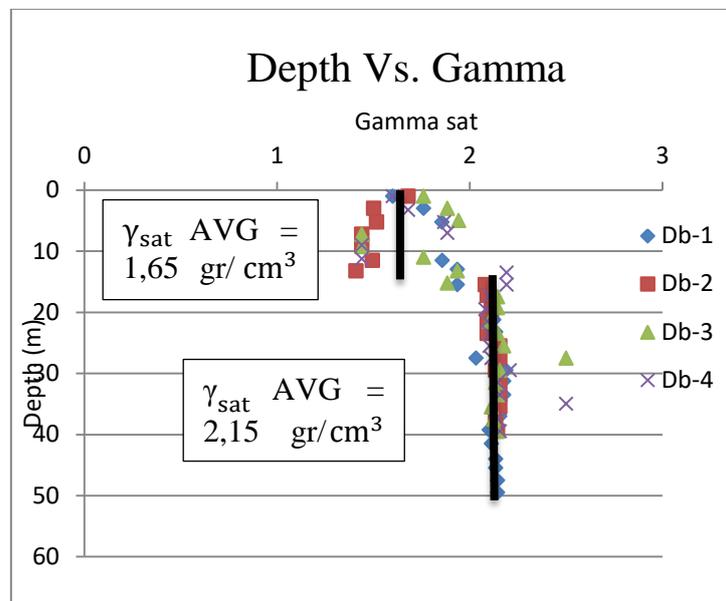
Metode analisis data

Sebelum dilakukannya analisis, dilakukan studi literatur dengan mencari dasar-dasar teori dan sumber data seperti jurnal, buku referensi untuk mendapatkan rumus dan acuan dalam menghitung dinding penahan tanah. Metode analisis dibantu dengan menggunakan program *Geostudio Sigma/W*. Tahapan yang dibuat dalam program adalah dengan memodelkan keadaan galian sesuai dengan realita pada proyek. Kemudian dimodelkan juga struktur pendukung seperti dinding penahan tanah dan angkur, lalu dilakukan simulasi dan didapatkan hasil *output* berupa besar *displacement*, kekuatan geser, dan kekuatan momen pada dinding penahan tanah dan angkur.

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Parameter Tanah

Untuk menentukan kegagalan dinding penahan tanah (*retaining wall*) yang terjadi, dari data *boring log* yang ada, dilakukan korelasi untuk mendapatkan besarnya nilai-nilai parameter tanah yang akan digunakan untuk kebutuhan desain. Terdapat 4 titik *boring log* yang memiliki kedalaman yang berbeda. Ada titik yang memiliki kedalaman 39.5m dan 49.5m. Kemudian dari data *boring log* yang ada akan dilakukan korelasi untuk mendapatkan nilai parameter berat jenis tanah, kohesi, sudut geser (*friction angle*), modulus elastisitas, dan *poisson ratio*. Hasil korelasi akan ditunjukkan pada gambar 1 dan 2, serta pada tabel 1 dan 2.



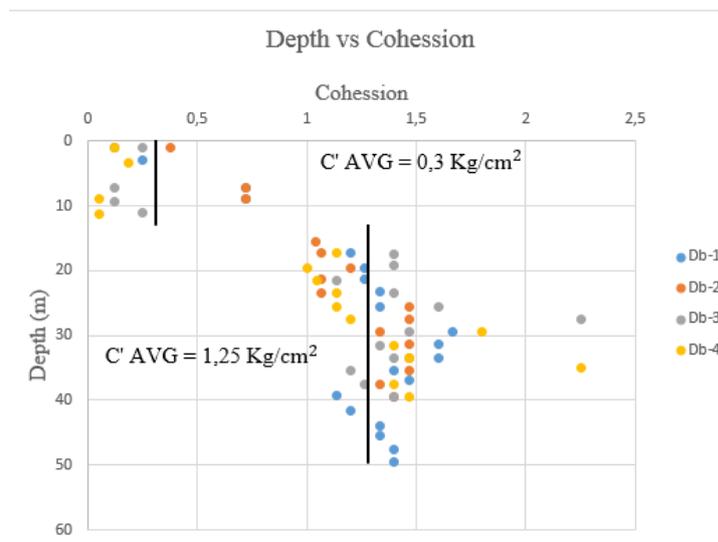
Gambar 1. Berat Jenis Tanah

Tabel 1. Sudut Geser Dalam

DEPTH (m)	Sudut Geser Dalam (Ø)
0-10	27°
10-20	32,5°
20-50	27°

Tabel 2. Modulus Elastisitas dan *Poisson Ratio*

Jenis Tanah	Modulus Elastisitas (Es) (kPa)	<i>Poisson's Ratio</i>
Loose sand	10000 - 25000	0.2 - 0.4
Medium Dense Sand	15000 - 30000	0.25 - 0.4
Dense Sand	35000 - 55000	0.3 - 0.45
Silty Sand	10000 - 20000	0.2 - 0.4
Sand and Gravel	70000 - 170000	0.15 - 0.35
Soft Clay	4000 - 20000	
Medium Clay	20000 - 40000	0.2 - 0.5
Stiff Clay	40000 - 100000	



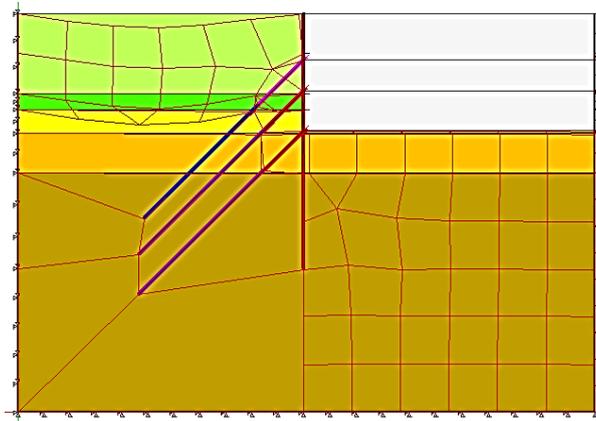
Gambar 2. Kohesi Efektif

Pemodelan

Program yang digunakan dalam membantu penyelesaian analisis ini menggunakan prinsip *finite element* dalam pengerjaannya. *Geostudio Sigma/W* ini membutuhkan penyesuaian syarat batas dari permasalahan yang terjadi. Metode ini mengatur sebuah sistem yang kompleks, diubah menjadi banyak elemen yang sederhana dikarenakan semakin kompleks suatu sistem, elemen yang dibuat harus semakin banyak agar hasil yang diperoleh akurat, walaupun banyak tetap terhingga (*finite*), tidak seperti sistem asli yang bisa jadi jumlah variasi jenis bahan, dimensi, atau sifatnya tidak terhingga dan membuat analisis menjadi lebih sulit.

Secara umum pembuatan model pada *Geostudio Sigma/W* pertama kali yang harus dilakukan adalah menentukan satuan yang diinginkan dan membuat sketsa dari galian dengan dibagi menjadi beberapa *region* yang kemudian disesuaikan dengan sifat tanahnya sesuai lapisan. Lalu di tambahkan juga sistem struktur pendukung. Struktur pertama yang dimodelkan adalah *secant piles* sebagai *structural beam* kemudian setelah melewati tahapan galian

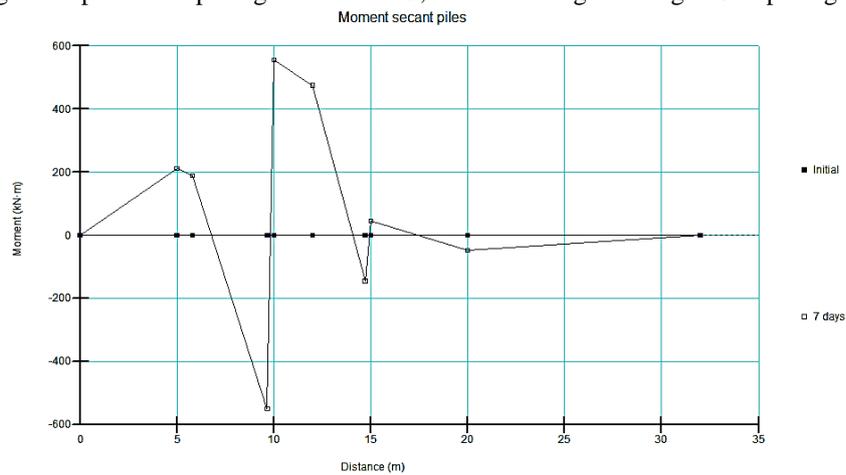
dipasang angkur yang terbagi menjadi dua bagian yaitu *free length* yang dimodelkan sebagai *structural bars* dan *bond length* yang dimodelkan sebagai *structural beam*. Sebagai contoh dari hasil pemodelan dapat dilihat pada gambar 3.



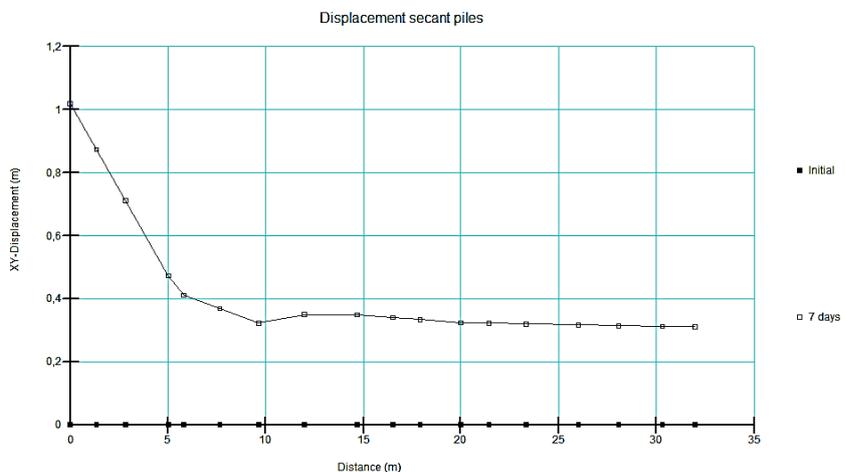
Gambar 3. Hasil Output

Gaya pada *Secant Pile*

Berikut yang akan ditampilkan berupa hasil *output* gaya-gaya yang terjadi pada *secant piles* setelah melewati proses kalkulasi pada program dapat dilihat pada gambar 4 dan 5, lalu dibandingkan dengan SNI pada gambar 6.



Gambar 4. Momen *Secant Pile*



Gambar 5. *Displacement Secant Pile*

11.5 Penurunan permukaan tanah di sekitar galian

Batasan deformasi lateral izin dinding penahan tanah dan/atau *embedded walls* ditentukan oleh kondisi tanah, kedalaman galian serta jarak dan kondisi gedung terdekat yang besarnya ditentukan dalam rumusan seperti yang tercantum dalam Tabel 51.

Tabel 51 – Batas maksimum deformasi lateral dinding

Batas maksimum deformasi lateral pada dinding	Lokasi gedung dan infrastruktur eksisting terdekat			
	Zona 1 ($x/H < 1$)	Zona 2 ($1 \leq x/H \leq 2$)	Zona 3 ($x/H > 2$)	
			Tanah Tipe A	Tanah Tipe B
Batas izin maksimum deformasi (δ_w/H)	0,5%	0,7%	0,7%	1,0%

Keterangan:

- a) Tanah Tipe A meliputi: tanah lempung dan lanau *overconsolidated* (*over-consolidated stiff clays dan silts*), tanah residual (*residual soils*), dan tanah pasir dengan kepadatan sedang sampai dengan padat (*medium to dense sands*).
- b) Tipe Tanah B meliputi: tanah lempung dan lanau lunak (*soft clays, silts*), tanah organik (*organic soils*) dan tanah timbunan tidak terpadatkan (*loose fills*).

© BSN 2017

262 dari 303

Gambar 6. Aturan Pergerakan Lateral Dinding Penahan Tanah

Mengacu pada SNI 8460-2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik mencakup pasal terkait batasan pergerakan lateral dinding, pasal 11.5 penurunan permukaan tanah disekitar galian menyebutkan bahwa batas maksimum pergerakan lateral dinding sebesar 0.5% atau untuk kedalaman galian 14 m batas maksimum pergerakan lateral dinding sebesar 70mm. Maka dapat disimpulkan besar *displacement* yang terjadi sudah melampaui batas maksimal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penyebab kelongsoran diawali dengan adanya rembesan air tanah dari luar dinding penahan tanah selama proses *dewatering*. Terjadi juga tambahan erosi pada butiran-butiran pasir lepas yang halus atas lapisan tanah lempung. Erosi ekstra ini terjadi karena adanya rembesan air dari air *dewatering* yang dibuang melalui gorong-gorong saluran drainase.
2. Gorong-gorong relatif tidak kedap air pada sambungannya, dan juga karena tanah disekitarnya berupa tanah berpasir, air tanah hasil *dewatering* akan masuk kembali ke tanah sehingga menyebabkan tanah menjadi relatif jenuh air dan terjadi aliran air rembesan tambahan ke dalam galian. Kondisi ini menyebabkan beban tambahan ke dinding penahan tanah yang ada.
3. Putusnya angkur menyebabkan dinding penahan tanah tidak mampu menahan gaya lateral tanah dibelakangnya. Lalu dinding penahan tanah runtuh dan menyebabkan tanah di belakangnya mengalami kelongsoran ke arah galian yang diikuti dengan kelongsoran jalan raya.
4. Besar *displacement* pada dinding penahan tanah sebesar 1.02 m dan telah melampaui batas yang diijinkan sebesar 0.5% kali kedalaman galian atau 70mm.
5. Besar momen maksimum pada dinding penahan tanah sebesar 580 kNm.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional (2017), SNI Persyaratan Perancangan Geoteknik 8460-2017.
 Hugh. Brooks. (2013). *Basic of Retaining Wall Design*. HBA Publications Incorporated.
 Hunt. Roy E. (2005). *Geotechnical Engineering Investigation Handbook Second Edition*. United States of America: Taylor & Francis Group.